

# СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА: ПЛОХО ИЛИ ХОРОШО?

Биенко Е.П.  
УрФУ, whiteled@mail.ru

## Введение

Доклад посвящен проблемам, связанным со светодиодными источниками света, и предназначен для повышения уровня осведомленности в данной теме как специалистов по энергосбережению, так и обычных пользователей осветительным оборудованием. Приводятся результаты сравнения светодиодных источников света с люминесцентными, по причине наибольшей близости по параметрам и конкуренции.

Тема светодиодных светильников уже не нова. Практически всюду мы встречаем информацию о тех или иных изделиях, построенных на полупроводниковых источниках света. В качестве основного преимущества называется их экономичность и предлагается заменить все существующие источники света на светодиодные, решив тем самым все проблемы. Так ли это?

## Мифы о светодиодах

### *О высокой энергетической эффективности светодиодов*

Считается, что светодиоды значительно эффективнее в плане потребления электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света. Энергетическую эффективность источников света обычно оценивают по соотношению суммарного светового потока к потребляемой электрической мощности (светоотдаче), которая выражается в люменах на ватт (лм/Вт).

Сравним энергоэффективность двух источников света: люминесцентной лампы – ЛЛ (например, OSRAM Lumilux L 18 W/835, мощность 18 Вт, цвет – белый) и современного светодиода – СД (Cree XP-G (XPGWHT-H1-0000-00CE7) с цветопередачей (80-CRI) при токе через цепь светодиода 1 А (таблица).

Показатель	L 18 W/835	XP-G
Потребляемая мощность, Вт	18	3,3 (при токе 1А)
Световой поток, лм	1350	250
Энергоэффективность, лм/Вт	$1350/18=75$	$250/3,3=75,76$

В итоге видим, что данный СД «эффективнее» ЛЛ всего на 1 %, хотя известно, что СД могут достигать удельной светоотдачи 100...150 лм/Вт и более. Действительно, можно получить более высокую светоотдачу, но при ухудшении качества цветопередачи, или за счет уменьшения тока в цепи СД, но в реальности приходится работать именно при этих параметрах, если производитель желает остаться конкурентоспособным.

Экономисты сразу прикинули: сколько десятков лет необходимо будет за счет этой экономии окупать десятикратно увеличившуюся стоимость оборудования?!

### *О «вечности» светодиодов*

Считается, что СД работают настолько долго, что их можно считать «вечным» источником света. Обычно производители СД указывают цифру в 100000 часов, что может составить примерно  $100000/(24365) = 11$  лет непрерывной работы. Это больше, чем у всех известных искусственных источников света. Наверное, за это время светильники придется поменять по причине морального износа (появятся более эффективные), поэтому их можно считать вечными, только электроэнергию подводи. Но возникает вопрос: откуда такая цифра и реальна ли она?!

Попробуем разобраться. Срок службы любого источника света характеризуется относительным падением светового потока, а также других характеристик. Нас интересует для систем освещения именно падение светового потока. В Европе принято эксплуатировать световые приборы до снижения уровня светового потока на 30 % (именно из этих соображений написана цифра на коробке любой лампочки). В России же принято эксплуатировать световые приборы до отказа, перед которым световой поток прибора в лучшем случае равен 20 % от номинала, что приводит к несоответствию санитарным нормам.

Для СД серии XP-G компания Cree рекомендует согласно ENERGY STAR Solid State Lighting Luminaires v1.1 (December 12, 2008) ток не более 1000 мА, при котором срок службы составляет 35000 часов при падении светового потока чуть менее 10 % (это при соблюдении нормального теплового режима). В условиях борьбы за стоимость светильника СД чаще всего работает в режиме перегрева, в результате его срок службы значительно снижается. Можно принять 35000 часов за максимальный срок службы, при котором, скорее всего, световой поток упадет более чем на 30 %. Таким образом, получается, что срок службы светодиода при грамотном подходе конструкторов и качественной сборке светильника всего  $35000/(24365) = 4$  года непрерывной работы. Не «вечный», но все же долго живущий.

### *Об опасности для человека светового излучения СД*

Считается, что свет СД не благоприятен для зрения человека и сказывается на его здоровье. Световой поток СД действительно не равномерен во всем видимом диапазоне, как, в принципе, и любого современного источника света, и преобладает в коротковолновом спектре. Однако спектр излучения современных СД более равномерный, чем у ЛЛ (меньше пиков и меньше их амплитуда относительно общего уровня), у них нет свойственного люминесцентным светильникам мерцания, что делает их применение более привлекательным. Действительно может быть опасным применение низкокачественных СД, заполняющих наш рынок.

В настоящее время мировые компании-производители светодиодных светильников получают положительные санитарные заключения на использование их продукции в тех областях, где использование экономичных источников света было ранее запрещено или ограничено. На основании данных заключений можно сделать вывод, что использование СД в качестве источников света вполне безопасно.

## Свет для человека

Какие же положительные моменты могут спасти СД в этой битве на рынке светотехники? Попробуем докопаться до сути света для человека и энергоэффективности без потери этих потребностей.

Мало кто до конца осознает, что человек воспринимает изображение окружающих предметов как отраженный от них свет. Соответственно мировосприятие, особенно подсознательное, будет зависеть от качества и свойств света.

Для человека важны такие характеристики света:

- уровень освещенности наблюдаемой поверхности,
- плавность переходов из одной зоны освещенности в другую зону освещенности,
- соотношение освещенности в различных зонах,
- соотношение вертикальной и горизонтальной составляющей,
- яркость источника света и освещаемых предметов,
- пульсация светового потока и освещенности,
- цветопередача,
- преобладающий цвет,
- отсутствие (минимизация) всплесков (пиков) в световом потоке на определенных частотах.

Некоторые из этих параметров являются необходимостью, например, освещенность, если ее будет недостаточно, то чувствительности зрения не хватит для различения объектов.

Некоторые характеристики влияют на комфорт и работоспособность, например, соотношение освещенностей окружающих поверхностей.

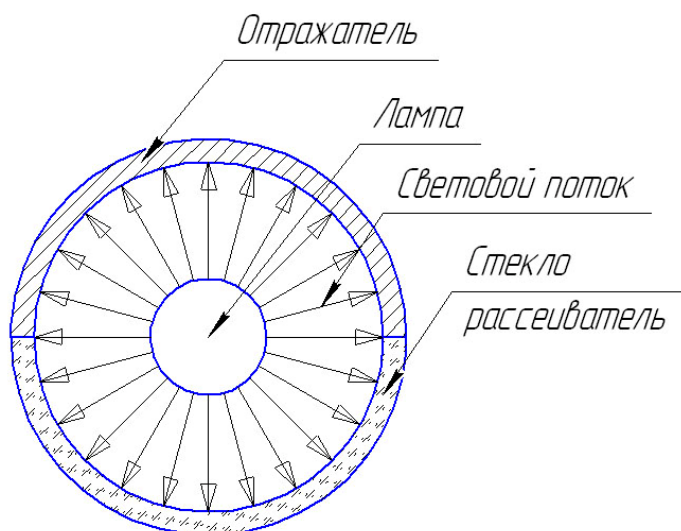
Такие свойства, как пульсация светового потока, влияют на несознательное поведение человека и могут вводить в транс. Этим занимаются серьезные исследовательские центры, обсуждение таких свойств выходит за рамки данной публикации.

Какие возможности СД можно использовать для удовлетворения этих потребностей, не забывая об экономии энергии?

Рассмотрим энергоэффективность светильника комплексно, а не только источника света, т. е. «от розетки до освещаемой поверхности».

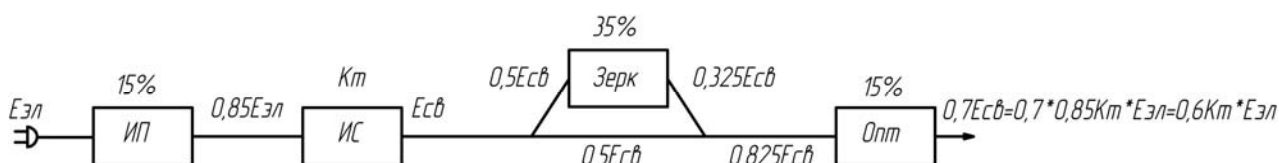
### Люминесцентный светильник

На рисунке показана схема светильника с ЛЛ в качестве источника света. Стрелками показан первичный световой поток, который в данном случае распространяется в виде цилиндра. Как видно из этой схемы, некоторая часть первичного светового потока (здесь половина) излучается в противоположную сторону от стекла рассеивателя и, соответственно, от



освещаемого предмета. Для того чтобы не терять эту часть энергии, устанавливают отражатель. В длительно эксплуатирующихся системах освещения количество отражаемого от него света не превышает 30 %, все остальное превращается в нагрев отражателя, что является крупным недостатком.

Вторым недостатком люминесцентного светильника являются большие габариты, из-за которых производителю приходится либо повышать цену на светильник, либо применять более дешевые материалы, что ухудшает его светотехнические свойства. (Замечание: герметичные светильники в помещениях с высокой запыленностью обеспечивают повышение энергоэффективности, т. к. пыль на отражателях и стеклах светильников значительно снижает их эффективность). Ниже представлена энергетическая схема люминесцентного светильника «от розетки до освещаемого предмета».



На источнике питания (ИП) падает примерно 15 %. Само по себе преобразование электроэнергии в свет в источнике света (ИС) процесс малоэффективный и характеризуется коэффициентом энергоэффективности  $K_m$  (лм/Вт).

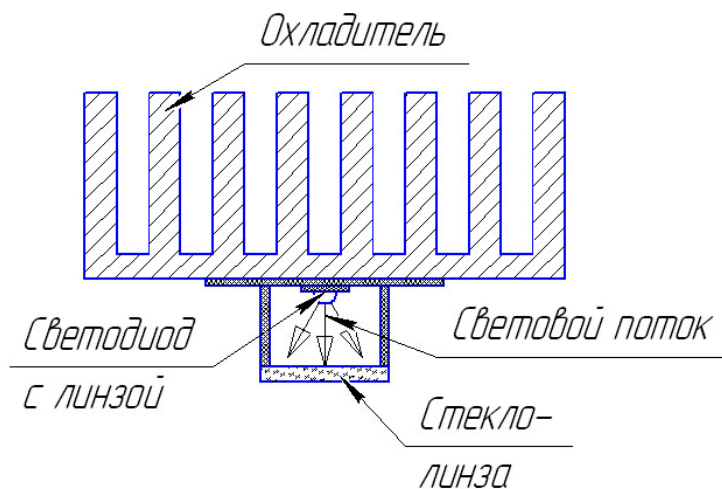
Далее часть светового потока попадает на отражатель (Зерк) и там частично отражается, а частично рассеивается в тепло. Для нового светильника потери на отражателе составляют около 35 %.

Затем часть первичного светового потока и часть вторичного светового потока, отраженного от отражателя, попадают на стекло рассеивателя (Опт). Для люминесцентных светильников там может теряться около 15 % энергии. В результате эффективность такого светильника будет еще на 40 % ниже эффективности источника света, используемого в нем.

### Светодиодный светильник

На рисунке изображена схема светильника со светодиодом в качестве источника света. Особенности такого светильника являются:

- Значительная мощность на единицу площади, т. е. тот же светодиод ХР-G (250 лм, 3,3 Вт) размерами всего  $3,45 \times 3,45$  мм, что позволяет использовать более

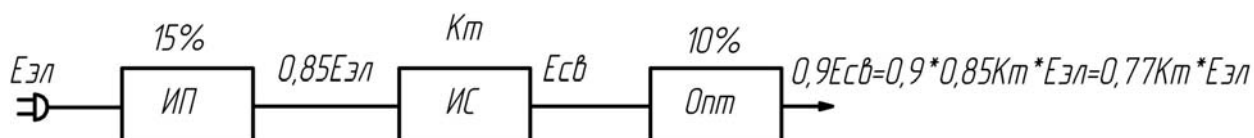


качественные и дорогие оптические системы, а также делать светильники защищенными от загрязнений и пыли.

– Сферическая направленность светового потока с углом при вершине  $125^\circ$ , т. е. в СД уже есть встроенная силиконовая линза, которая, с одной стороны, защищает кристалл от повреждений, а, с другой, – фокусирует поток.

Именно по этой причине в большинстве случаев можно использовать системы с простой оптикой, достигая тем самым экономии.

Ниже представлена энергосхема светодиодного светильника «от розетки до предмета».



Как видно из схемы, потери на оптической системе составляют около 10 %, и энергоэффективность такого светильника всего на 23 % ниже эффективности источника света. Это дает СД достаточные преимущества над люминесцентным светильником при монтаже новых систем.

### Реалии жизни освещения

Эффективность светодиодного светильника будет зависеть от следующих факторов:

- качества светодиода,
- качества источника питания,
- качества конструкции,
- качества сборки всего изделия.

К сожалению, в реальности зачастую применяются малоэффективные и опасные для зрения СД, а также плохие, создающие «шум» в сети источники питания с низким КПД, в качестве корпуса используются корпуса от стандартных светильников, не соблюдаются правила сборки. Все это используется как средство получения «быстрых» денег.

В российских условиях наиболее экономичными будут только те системы, которые создаются предприятиями по специальному заказу под определенную задачу.

Для люминесцентных светильников характерны некоторые особенности:

- в магазинах продают светильники, далекие от идеальных;
- не выполняется их регламентное обслуживание ЛЛ;

В результате наблюдается снижение светотехнических свойств ЛЛ, например, из-за загрязнения отражателя и стекла, и высока вероятность опасности для человека, в частности, из-за не вовремя замененной лампы смещается спектр ее света, или она начинает мерцать, вызывая различные изменения здоровья человека.

## Преимущества и недостатки

Светодиодный светильник	
Плюсы	Минусы
Легкость конфигурирования систем освещения	Эффект жестких границ теней и многогранности теней
Небольшие размеры	Стоимость
Высокое качество света	
Низкие помехи в сеть	
Простота создания интеллектуальных систем освещения	
Длительный период эксплуатации без замены источника света	
Простота обслуживания	
Стабильность свойств в процессе эксплуатации	
Люминесцентный светильник	
Плюсы	Минусы
Стоимость	Большие размеры
Распространенность	Помехи, создаваемые в сети
Плавность границ освещенных и неосвещенных участков	Невысокое качество света
	Сложность использования в интеллектуальных системах освещения
	Сложность обслуживания
	Небольшой период эксплуатации без замены источника света
	Необходимость обезвреживания отработанных ламп (утилизации)

### Будущее светодиодных светильников

Довольно серьезное преимущество СД – легкость управления световым потоком, это позволяет довольно легко интегрировать их в интеллектуальные системы, т. е. такие системы, которые контролируют освещенность в зависимости от времени суток, наличия людей в помещениях, и по определенному алгоритму изменяют световой поток отдельного или группы светильников. В результате достигается длительный срок службы светильника и снижение в несколько раз энергопотребления.

Небольшие размеры источников света и возможность изменения цветовой температуры, вплоть до любого оттенка цвета, делают их очень привлекательными для дизайнеров, архитекторов, что дает им возможность создания оригинальных осветительных приборов.

Дальнейшее увеличение эффективности светодиодов добавит им преимуществ, ведь СД еще далеко до своего предела в отличие от классических источников света, которые уже вплотную приблизились к нему. Для разработки и налаживания производства светодиодных светильников необходим иной подход к осветительным системам, которого у нас пока нет.

Мы еще не вошли в эру новых источников света, мы только понемногу приближаемся к ней.

### *Библиографический список*

1. Производитель светодиодных источников света – компания Cree [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cree.com>
2. Производитель люминесцентных источников света – компания Osram [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osram.com>

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОГО ЭТАНОЛЬНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА (ПЭТЭ)**

*Бойкачев Е.Д., Титова Н.С., Щеклеин С.Е.*

*УрФУ, [aes@mail.ustu.ru](mailto:aes@mail.ustu.ru)*

На кафедре «Атомная энергетика» были проведены исследования прямого этанольного топливного элемента модели FCJJ-22 производства компании Horizon Fuel Cell Technologies. Целью исследовательской работы было определение влияния концентрации этанола на работу элемента, а также анализ электрических и рабочих характеристик ПЭТЭ модели FCJJ-22.

ПЭТЭ относится к типу топливных элементов с протонообменной мембраной (PEMFC), которые функционируют при относительно низких рабочих температурах (60-160 °С). Они отличаются высокой удельной мощностью, позволяют быстро регулировать выходную мощность, могут быть быстро включены. Недостаток – высокое требование к качеству топлива [1].

Прямое окисление в ПЭТЭ спиртов, которые уже производятся в крупном масштабе, способно решить две основные проблемы:

1) упростить систему подачи топлива благодаря высокой удельной энергии жидких спиртов;

2) обеспечить замыкание экологически чистого цикла трансформации энергии в природном масштабе, так как ряд спиртов, и прежде всего этанол, могут воспроизводиться в биосистемах в неограниченных количествах [2].

Для исследования ПЭТЭ модели FCJJ-22 была сконструирована экспериментальная установка в соответствии с рис. 1. Для регистрации характеристик использовалась ЭВМ и АЦП ЛА-2 USB. В качестве нагрузки использовался электродвигатель, входящий в состав установки FCJJ-22, реостат 500 Ом – 4790 Ом, реостат 100 Ом – 200 Ом и резистор 60 Ом.

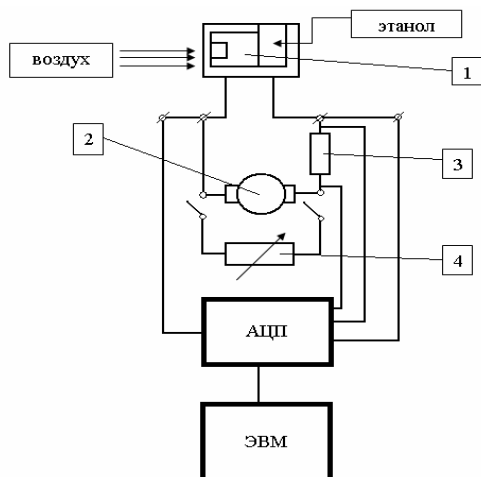


Рис. 1. Экспериментальная установка регистрации параметров ПЭТЭ:

1 – прямой этанольный топливный элемент; 2 – электродвигатель; 3 – шунт для измерения силы тока в нагрузке  $R_{ш}=10\text{ Ом}$ ; 4 – реостат

Устройство самого топливного элемента FCJJ-22 показано на рис. 2.